

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА СВС И ОСОБЕННОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ Ni+Al

Шкодич Н. Ф.

Профессор, д.ф.-м.н. Розачев А.С., к.ф.-м.н Кочетов Н.А.

Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН,
г. Черноголовка
e-mail: N.F.Shkodich@mail.ru

Настоящая работа посвящена исследованию влияния механической активации на температуру воспламенения, скорость горения, особенности фазообразования в системе Ni+Al. Для изучения системы Ni+Al использовались методы рентгеноструктурного анализа, растровой микроскопии и динамической рентгенографии.

Методом динамической рентгенографии впервые зафиксирована рентгеноаморфная область, соответствующая жидкой фазе при тепловом взрыве в системе Ni+Al. Установлено, что после механической активации увеличивается скорость горения и уменьшается температура начала теплового взрыва в системе Ni+Al. Механическая активация системы Ni+Al приводит к исчезновению рентгеноаморфной области в момент воспламенения, что связано с протеканием реакции при более низкой температуре.

Предварительную активацию реакционных смесей проводили в планетарной мельнице АГО-2 с водяным охлаждением. Время активации составляло 1,3,5,7,9 мин, центростремительное ускорение шаров 90 g. Механическая активация осуществлялась в атмосфере воздуха и аргона. Безгазовое горение реализовывалось в камере постоянного давления в атмосфере аргона при давлении 1 атм. Исследования динамики фазообразования непосредственно в момент протекания реакции проводили методом времяразрешающей рентгенографии [1]. В экспериментальной установке использовался позиционный однокоординаторный детектор, имеющий 1024 канала и представляющий собой газовую ионизационную камеру, содержащую смесь 0,9Xe+0.1CO₂ под давлением 4 атм. Изучались смеси Ni+Al 3-видов: мелкая (дисперсность 5 мкм), крупная (дисперсность 40 мкм) и плакированная (на частицу Al нанесен Ni).

В предшествующих работах [2,3] исследователи не наблюдали существования рентгеноаморфной области в момент прохождения волны горения через образец. Возник вопрос – почему никто не видел этой области, соответствующей жидкой фазе. Исследуя процесс фазообразования в режиме горения системы Ni+Al, нам также не удалось обнаружить рентгеноаморфную область – вслед за исчезновением линий исходных компонентов сразу возникали линии продукта реакции – NiAl (рис.1). Проведение экспериментов в режиме теплового взрыва показало наличие рентгеноаморфной области, соответствующей присутствию жидкой фазы (рис.1). Это связано с тем, что в случае режима горения ширина зоны реакции (порядка 0,1 мм) значительно

меньше ширины области дифракции на образце (2мм). При тепловом взрыве реакция происходила практически одновременно по всему объему образца. Дополнительным подтверждением наличия жидкой фазы являлось присутствие на температурных профилях теплового взрыва плато, временной протяженностью порядка одной секунды, соответствующее рентгеноаморфной области.

Следует отметить, что после активации из исходных частиц Ni и Al образовывались композитные частицы, состоящие из слоев исходных компонентов, размер которых был прямо пропорционален размеру исходных частиц. Как и следовало ожидать, после механической активации увеличилась скорость горения смесей и уменьшилась температура начала теплового взрыва. Наблюдалось уменьшение интенсивности дифракционных линий и возрастание их полуширины вследствие существенного роста дефектности кристаллической структуры. При исследовании воспламенения активированных смесей отсутствовала рентгеноаморфная область, а на температурных профилях не наблюдалось ярко выраженного изотермического участка. Это связано с более низкой температурой начала воспламенения активированных смесей по сравнению с неактивированными.

Рис. 1. Результаты динамической рентгенографии горения и теплового взрыва системы Ni+Al.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 07-03-00753.

Использованная литература

1. Пономарев В.И., Хоменко И.О., Мержанов А.Г. Лабораторный метод динамической рентгенографии. Кристаллография, 1995, т.40, №1, с.14-17.
2. Болдырев В.В., Александров В.В. Динамика фазообразования при синтезе NiAl. ДАН СССР, 1981, т.259, №5, с.1127-1129
3. Holt J., Wong J., Larson E. Time-resolved X-ray diffraction study of solid combustion reaction. Science, 1990, v.249, pp.193-232